جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و شش، تابستان ۱۳۹۷

صص ۱۱۳- ۹۵

DOI: 10.22067/geo.v7i2.66306

نرخ فرونشست گرد و غبار اتمسفری و ارتباط آن با برخی از پارامترهای اقلیمی در استان خراسان رضوی

عاطفه ضیایی- دانشجوی دکتری علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

علیرضا کریمی کارویه[1]- دانشیار علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

امیر لکزیان- استاد علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

حسین خادمی- استاد علوم خاک، گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/٥/۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹٦/۱۰/٤

چکیده

ذرات معلق اتمسفری به‌عنوان نتیجه اصلی فرسایش بادی، اثرات بسیار مهمی بر محیط پیرامون خود دارند. هدف از این پژوهش، تعیین نرخ فرونشست گرد و غبار در استان خراسان رضوی و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی است. به این منظور تعداد ۵۰ ایستگاه در سطح استان انتخاب و طی ۱۲ ماه (مجموعاً ٦۰۰ نمونه)، توسط تله‌های شیشه‌ای نمونه‌های گرد و غبار به صورت ماهیانه جمع‌آوری شد. حداقل مقدار میانگین نرخ فرونشست مربوط به ماه آذر با میزان ۹/۹۷ گرم بر متر مربع و حداکثر آن در ماه خرداد با میانگین ۲۰/۹٦ مشاهده شد. دامنه مقدار فرونشست گرد و غبار در طول مدت نمونه‌برداری ۰/۳ تا ۱٥۰/٤۲ گرم بر متر مربع در ماه بود. شهرستان‌های گناباد و قوچان، به ترتیب، با متوسط ۳۱۳/۱٤ و ۷٤/٦۲ متر مربع بر گرم در سال بیشترین و کمترین میزان فرونشست گرد و غبار را در سال داشتند. بر اساس نقشه‌های پراکنش مکانی، بیشترین مقدار فرونشست در ماه‌های مربوط به فصول بهار و تابستان در غرب و جنوب با اقلیم خشک و فرا خشک بود و در قسمت‌های شمالی استان به دلیل رطوبت بیشتر و کوهستانی بودن کمتر بود. تحلیل نقشه‌های سینوپتیک اقلیمی طوفان، حاکی از شیب فشار حاصل از استقرار همزمان کم فشاری در مرزهای جنوبی کشور و مرکز پرفشار بر روی دریای خزر و ترکمنستان بوده که سبب وزش بادهای شدید و ایجاد طوفان‌های گرد و غبار در فصل بهار شده است. با تغییر جهت باد غالب از شرق و شمال‌شرق در ماه‌های خشک سال، به غرب و جنوب غرب در ماه‌های با بارش بیشتر، نرخ فرونشست ذرات معلق در اکثر مناطق به جز مناطق شرقی استان کاهش یافت. همچنین، نتایج نشان

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۱۰۹٤۸۹۱ Email :karimi-a@um.ac .ir

داد که بین متوسط فرونشست گرد و غبار در ۱۲ دوره نمونه‌برداری رابطه مثبت و معنی‌داری با حداقل و حداکثر دما، سرعت باد و رابطه منفی با رطوبت نسبی در سطح ۵٪ وجود داشته است. بالا بودن سرعت باد و خشک‌تر بودن خاک و در نتیجه بالا بودن رخداد طوفان، در فصل بهار نسبت به سایر فصول باعث شده مقدار گرد و غبار بیشتری توسط باد و تا فواصل طولانی حمل شده باشد که می‌تواند به منابع محلی و برون مرزی مربوط باشد.

کلیدواژه‌ها: غبار اتمسفری، نرخ فرونشست غبار، پارامترهای اقلیمی، طوفان گرد و غبار.

۱- مقدمه

ذرات معلق اتمسفری، اجزای مهمی از چرخه‌های ژئوشیمیایی در سیستم زمین می‌باشند. تعیین منشأ ذرات معلق اتمسفری برای پیش‌بینی تأثیرات آن‌ها ضروری می‌باشد. در سال‌های اخیر، شناخت نقش مهم ذرات معلق در اقلیم جهانی و همچنین اثرات آن بر سلامت انسان، تلاش‌های گسترده‌ای را برای منشأ یابی این ذرات در پی داشته است (Wiggs et al., 2003; wang et al., 2015; Goudie & Midelton, 2006).

وجود بادهای با سرعت بیش از حد بحرانی، وجود منشأ مناسب برداشت ذرات، پوشش گیاهی کم و خشکی سطح خاک از شرایط اصلی ایجاد ذرات معلق اتمسفری هستند. زمانی‌که سرعت باد در بیابان‌ها از حد مشخصی بیشتر می‌شود (۸ متربرثانیه) و بسته به زبری سطح، رطوبت خاک، پوشش گیاهی، بافت خاک و پستی و بلندی‌های زمین، ذرات ریز، وارد جریان اتمسفری می‌شوند و ذرات معلق اتمسفری را ایجاد می‌نمایند (Engelstaedter& Xuan et al., 2004; Tagen, 2006).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های غبار اتمسفری میزان فرونشست اتمسفری است. نرخ فرونشست به شدت و مدت حمل، سرعت باد، خشکی ذرات خاک، اندازه قطر ذرات و فاصله از منبع غبار بستگی دارد. در دهه اخیر، مطالعات گسترده‌ای درباره نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری به منظور تشخیص منشأ، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، انجام شده است. همچنین، به منظور اندازه‌گیری نرخ فرونشست، تحقیقات مشابهی در ایران و سایر کشورها، انجام شده است، که از آن جمله می‌توان به مطالعاتی در آسیای مرکزی اشاره نمود که با بررسی توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری در آسیای مرکزی، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰، بیشترین مقدار نرخ فرونشست را در ماه‌های ژوئن و فوریه گزارش دادند و برنامه مشاهداتی پیوسته‌ای را برای درک بهتر فرایند انتقال ذرات معلق و اثرات آن روی اراضی قابل کشت و سلامتی انسان، توصیه نمودند (Groll et al., 2013). فرونشست ذرات معلق، به‌وسیله عوامل زیادی از قبیل وضعیت هواشناسی فصلی، تأثیر می‌پذیرد (Wang et al., 2006). Marx et al (2014) بالاترین نرخ فرونشست را در تابستان به سبب فراوانی بادهایی که مناسب انتقال ذرات معلق می‌باشند و همچنین کاهش بارندگی، گزارش نمودند. Hojati et al (2012) با بررسی خصوصیات ذرات معلق در یک برش اقلیمی-

ارتفـاعی از جندق تا کوهرنگ، نرخ ترســیب ذرات معلق اتمســفری را در طول برش مورد مطالعه، متأثر از دو عامل ارتفاع و اقلیم دانســتند. آن‌ها همچنین فاصــله از منبع تولید ذرات معلق و اختلاف بین منابع محلی و برون مرزی تولید ذرات معلق را به‌عنوان عوامل اثرگذار بر روی نرخ فرونشــست و سـایر خصـوصـیات ذرات معلق اتمسفری، معرفی نمودند. همچنین، می‌توان به مطالعات محمودی و همکاران (۱۳۹۰) و نوروزی و همکاران (۱۳۹٤) در شــهر اصــفهان و جعفری و همکاران (۱۳۹۲) در شــهرکرمان اشــاره نمود که ارتباط نرخ فرونشــســت ذرات معلق اتمســفری را با پارامترهای اقلیمی مورد بررسی قرار دادند.

Rashki et al (2012) طی مطالعه ذرات معلق اتمسـفری منطقه سـیسـتان، در دو مکان، در نزدیکی دریاچه هامون، در طول دوره آگوسـت ۲۰۰۹ تا جولای ۲۰۱۲، گزارش نمودند که مقدار ذرات معلق منتقل شـده، وابسـتگی زیادی به زمان وقوع، سـرعت باد و فاصـله از منطقه منشأ، دارند. همچنین، مطالعات انجام شده حاکی از رخداد بیشتر طوفان‌های گرد و غبار در فصـــول بهار و تابســـتان و فراوانی کمتر در فصـــول پاییز و زمســـتان بوده که از آن جمله می‌توان به مطالعات (Hamidi et al (2013 ; Rezazadeh (2013)، بروغنی و همکاران (۱۳۹۵) و میری ممرآبادی (۱۳۹۵) اشــاره کرد.

اسـتان خراسـان رضوی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک و وجود رسوبات سخت نشده دوران سوم و چهارم و وجود پلایاهای متعدد، مســتعد طوفان‌های گرد و غبار اســت. با این حال، اطلاعاتی از گرد و غبار در این اســتان وجود ندارد. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری نرخ فرونشــســت ماهانه و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی در اسـتان خراسـان رضـوی بود.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه، اسـتان خراسـان رضوی می‌باشد. این استان در طول شرقی ″۱۲ °٥٦ تا ″۳۰ °٦۱ و عرض شمالی ″۳۰ °۳۳ تا ″٤۲ °۳۷ واقع شـده که از شـمال و شمال‌شرق به کشور ترکمنستان، ازشرق به کشور افغانستان، از جنوب و جنوب‌شـرق به اسـتان خراسـان جنوبی، از غرب به استان‌های یزد و سمنان و از شمال غرب به استان خراسان شمالی محدود می‌باشـد (شـکل ۱). ارتفاع این اسـتان از ۳۲۱۱ متر در ارتفاعات بینالود شمال شهرستان نیشابور تا ۲۳۵ متر در دشت سرخس متغیر است.

۲-۲- نمونه‌برداری و آنالیز داده‌ها

در این پژوهش، به منظور جمع‌آوری و اندازه‌گیری گرد و غبار، از تله رسـوب‌گیر پیشـنهادی توسط Menendez et al (2007) که قبلاً توسـط Hojati et al (2012) استفاده شده بود، برای جمع‌آوری ذرات معلق، استفاده شد. این تله،

یک صـفحه شـیشـه‌ای یک متر مربعی اسـت که یک مش پلاستیکی با منافذ ۲×۲ میلی‌متر به‌وسیله پیچ بر روی صفحه به منظور به دام انداختن ذرات معلق روی آن قرار گرفت. در فصـول با بارندگی زیاد جهت جلوگیری ازشـسـتشـوی ذرات فرونشسته روی شیشه، لبه شیشه‌ای به ارتفاع ۱۰ میلی‌متر دور شیشه چسبانده شد.

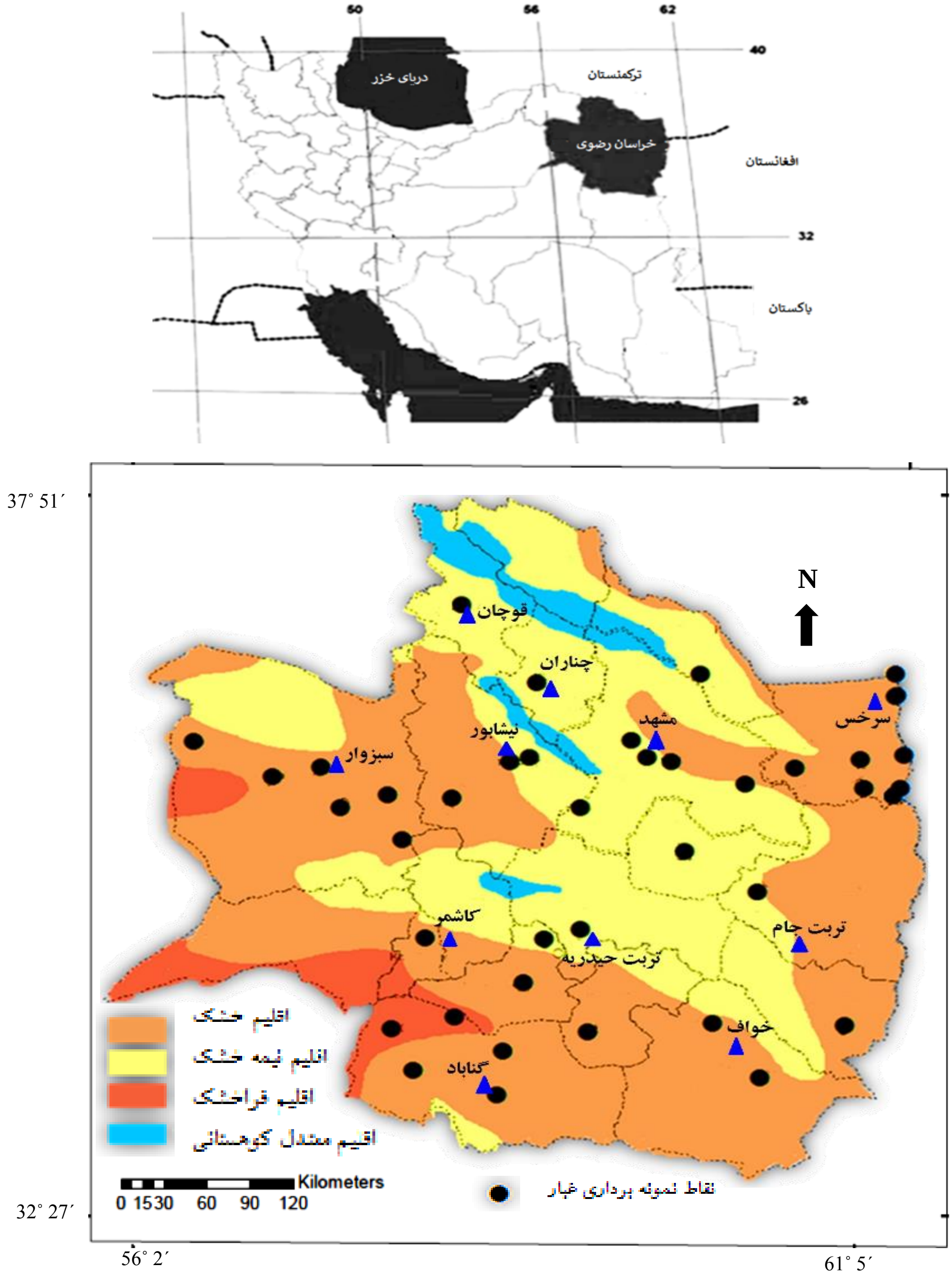
با توجه به تغییرات زمین‌شـناسـی، ژئومورفولوژی، جهت‌گیری ارتفاعات و جهت بادهای غالب در منطقه، ۵۰ نقطه انتخاب و تله‌ها بر روی پشـت بام سـاختمان‌های یک طبقه که دارای ارتفاع حدوداً ۳ متر از سـطح زمین بودند، نصـب گردید. به منظور بررسـی توزیع زمانی تغییرات خصـوصـیات گرد و غبار، نمونه‌برداری به صورت ماهانه از اردیبهشت ۱۳۹۳ تا فروردین ۱۳۹٤ انجام شـد. ذرات رسـوب کرده بر روی تله‌ها در فواصـل زمانی مشخص با استفاده از کاردک جمع‌آوری، و پس از برداشـت نمونه‌ها درون ظروف دربسـته، به آزمایشـگاه انتقال یافت. پس از جمع‌آوری، نمونه‌ها توزین شـدند و نرخ فرونشـسـت ذرات بر اسـاس واحد جرم ذرات بر سـطح تله در طول دوره نمونه‌برداری محاسبه شـد. داده‌های اقلیمی شـامل دما، بارش، سـمت و سـرعت باد در طول نمونه‌برداری در مناطق مورد مطالعه از سـازمان هواشناسی استان خراسان رضوی دریافت گردید.

جهـت توصـــیف نتـایج و به دســـت آوردن خلاصـــه‌ای از اطلاعات آماری، از نرم افزار SPSS 16 و برای تعیین همبسـتگی بین ویژگی‌های دارای توزیع طبیعی، از ضـریب پیرسـون اسـتفاده شـد. برای پهنه‌بندی میزان فرونشست از روش کریجینگ اسـتفاده شـد. روش میانیابی معکوس فاصـله[1] (IDW) در این پژوهش با نرم افزار Surfer 14 صورت گرفت. همچنین با دریافت داده‌های خام از مرکز بین المللی هواشـناسـی NOAA، ترسـیم الگوی سرعت و جهت باد ماهیانه در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های ایزوبار، با استفاده از نرم افزار Grads انجام شد.

۲-۳- ویژگی‌های اقلیمی دوره نمونه‌برداری

خراسـان به سـه منطقه آب و هوایی در شـمال، مرکز و جنوب تقسـیم می‌شود (شکل ۱). شمال استان به‌طور کلی دارای شـرایط آب و هوایی معتدل و سـرد کوهسـتانی اسـت و شـامل شـهرسـتان‌های قوچان، مشهد، درگز و چناران می‌باشـد. منطقه مرکزی اسـتان شامل شهرستان‌های سبزوار، نیشابور، تربت حیدریه، کاشمر، تربت جام، تایباد و خواف است.

1 Inverse distance weighting



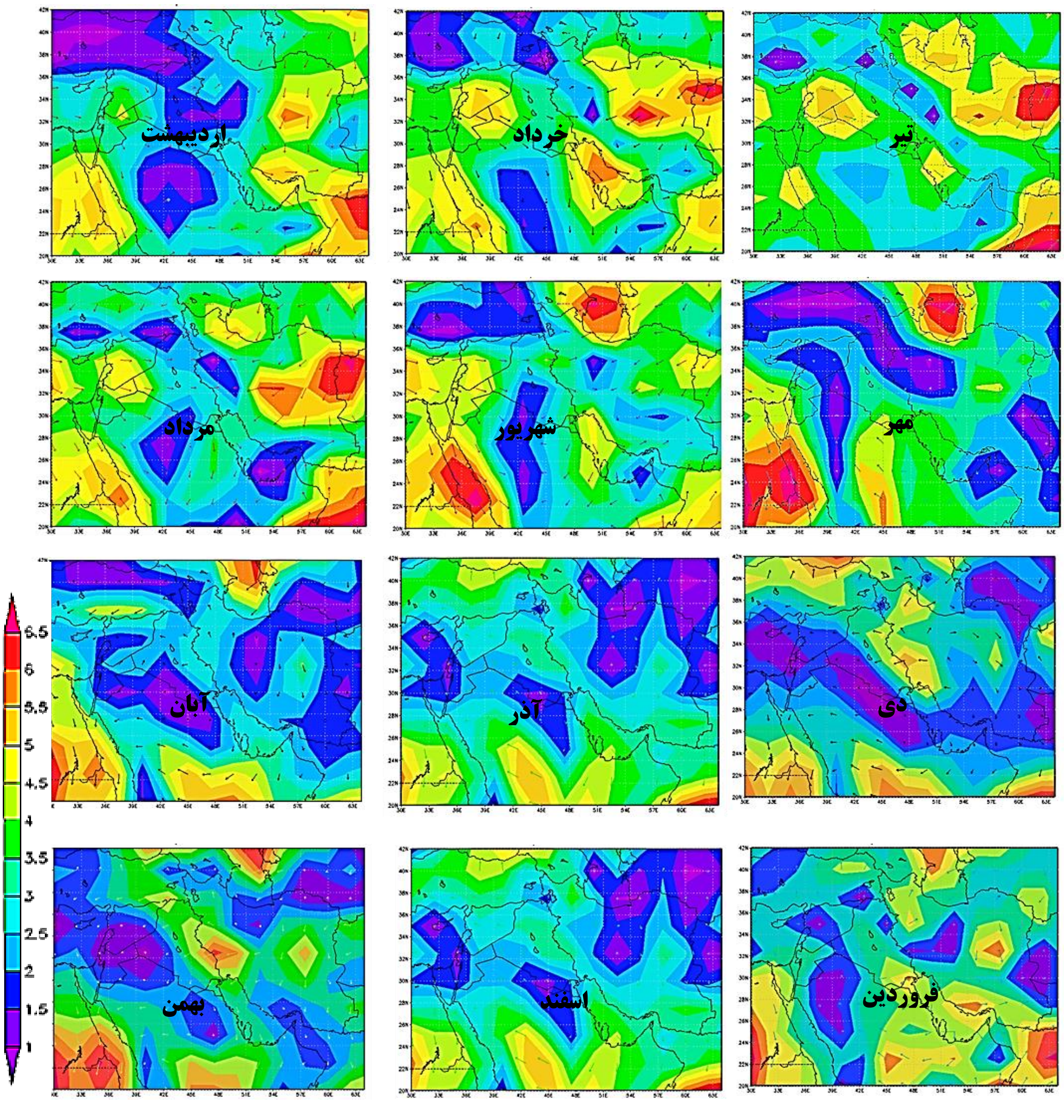
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و پراکنش نواحی اقلیمی بر اساس طبقه بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته و نقاط نمونه برداری در استان خراسان رضوی

جدول ۱- آمار عناصر اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی خراسان رضوی

شهر	ارتفاع (m)	میانگین بارندگی سالانه (mm)	میانگین دمای سالانه(°C)	تعداد روزهای گرد و غبار	ماه‌های رخداد گرد و غبار	حداکثر سرعت باد (کیلومتر در ساعت)
مشهد	۹۸۹	۲۵۳/۵	۱۶/۳	۱۳	فروردین، شهریور، خرداد، مهر	۱۹
سبزوار	۹۷۲	۱۹۰/۸	۱۸/۹	۲٤	اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور	۲۵
تربت حیدریه	۱٤۵۰	۲٦۸/۲	۱۵/۰	۳۰	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، شهریور، مهر	۲۵
سرخس	۲۸۸	۱۸٤/۸	۱۸/۹	۵۰	اردیبهشت، خرداد، تیر، شهریور، مهر، دی	۲۳
قوچان	۱۳۰٦	۳۰٦/۳	۱۲/۷	–	-	۱٦
کاشمر	۱۰۵۵	۱۹۷/٦	۱۸/۵	۱۲	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مهر	۱۵
گناباد	۱۰۷۳	۱٤۰/۵	۱۸/۲	٤۸	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، شهریور، مهر	۱۹
نیشابور	۱۲۳۰	۲۳٦/۷	۱۵/۰	–	-	۲۵
تربت جام	۹۵٤	۱۷۰/۲	۱٦/٦	۳۰	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر	۲۱
خواف	۹۹۸	۱۱۱/۵	۱۸/۵	۳۰	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر	۲۳
فریمان	۱٤٦۲	۲۰۳/۷	۱۲/۷	۸	فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، شهریور، مهر	۱٦

این منطقه شامل دشت‌های وسیع دامنه‌های جنوبی بینالود تا کویر نمک و مناطق کویری مرز افغانستان و از نظر آب و هوایی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. جنوب استان دارای آب و هوای خشک و نیمه‌صحرایی است. این منطقه از شهرستان‌های گناباد و بجستان تشکیل شده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۹). اطلاعات اقلیمی ایستگاههای سینوپتیک استان خراسان رضوی و ویژگی‌های تعداد روزهای با گرد و غبار، ماه‌های دارای گرد و غبار و حداکثر سرعت باد، در جدول ۱ و الگوی سرعت و جهت وزش باد در سطح ایران در طی ۱۲ ماه در ایران و کشورهای همسایه در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق این شکل‌ها در ماههای اردیبهشت تا مهر باد غالب منطقه از شرق و شمال شرقی و در ماه‌های آبان تا فروردین شاهد تغییر جهت باد منطقه از غرب و شمال

غربی می‌باشـــیم. همچنین، برخی از پارامترهای اقلیمی در ماه‌های دوره نمونه‌برداری در اســـتان جدول ۲ آورده شـــده است.



شکل ۲- الگوی متوسط سرعت و جهت باد ماهیانه ایران در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در طول دوره نمونه برداری(http://www.esrl.noaa.gov)

جدول۲- میانگین برخی خصوصیات جوی طی ماه‌های نمونه‌برداری در ایستگاه‌های استان خراسان رضوی

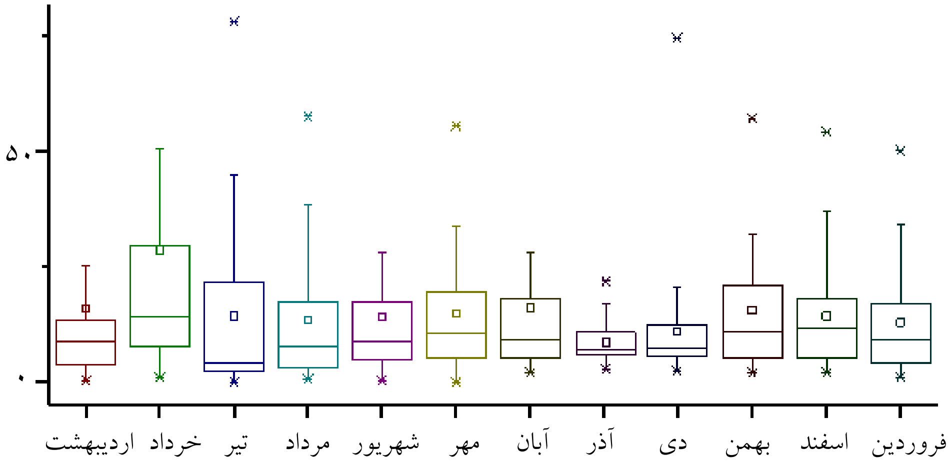
سال	ماه نمونه‌برداری	دمای حداکثر (°C)	دمای حداقل (°C)	رطوبت نسبی (٪)	حداکثر سرعت باد ($km\ h^{-1}$)
۱۳۹۳	خرداد	۱۸/٦۰	۳۳/٦٤	۲۱/٦۷	۱۹/۵۰
۱۳۹۳	تیر	۲۱/۳۲	۳٦/۳۰	۱٦/۸۳	۱٤/۳۰
۱۳۹۳	مرداد	۱۸/۸۳	۳۵/٤۲	۱۷/۵۹	۱٤/۲۷
۱۳۹۳	شهریور	۱۵/۸۰	۳۲/۸٦	۲۰/۲٤	۱۲/٤۲
۱۳۹۳	مهر	۱۱/٦۱	۲٦/٤۷	۳۸/٤۷	۱۵/٦۷
۱۳۹۳	آبان	۳/۳۲	۱٦/۰۳	۵٦/۳٤	۱۳/۲
۱۳۹۳	آذر	۰/۳۹	۱۱/۳۵	٦۵/۷۰	۱۳
۱۳۹۳	دی	۰/۹٤	۱۱/۷۱	٦۱/۱۹۱	۱۲/۱٤
۱۳۹۳	بهمن	۲/۲٦	۱۳/۵۰	٦٤/۹٦	۱۵/۵
۱۳۹۳	اسفند	۱/۲۰	۱۱/۲۱	٦۹/۷٤	۱۵/٦٤
۱۳۹٤	فروردین	۸/۳٦	۲۲/۱۸	٤۲/۹٤	۱۷/۲۷
۱۳۹٤	اردیبهشت	۱٤/۰۲	۲۸/۲۹	۳٦/۰۸	۱٦/٤۲

۳- نتایج و بحث

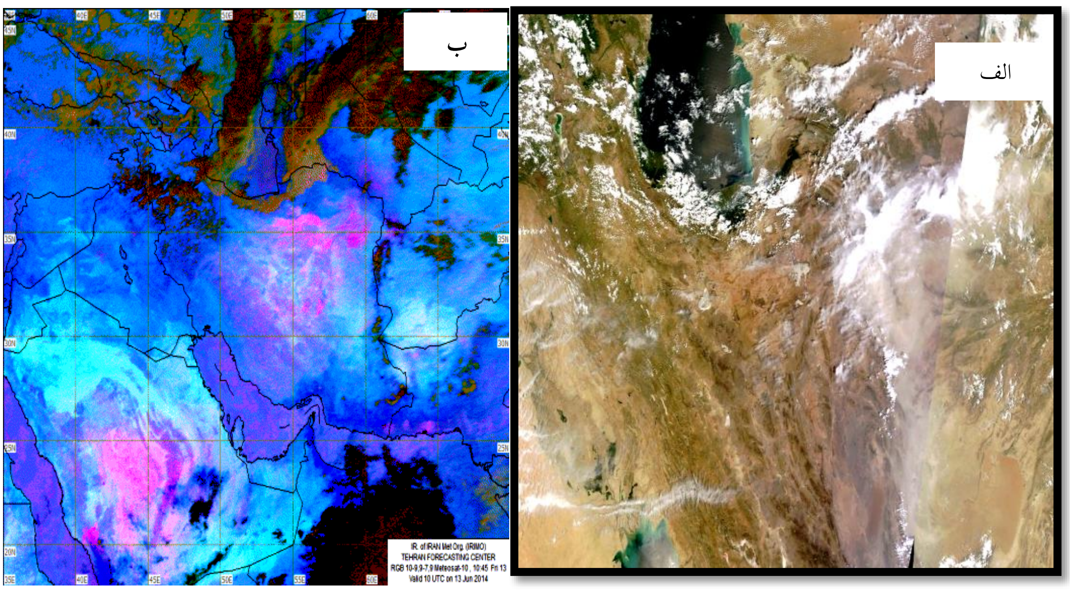
۳-۱- میزان فرونشست گرد و غبار

میزان نرخ فرونشست در کل استان از ۳/. تا ۱۵۰/٤۲ گرم بر متر مربع متغیر است. نرخ فرونشست، تغییرات زمانی مشخصی قابل مشاهده‌ای در طول ۱۲ ماه نمونه‌برداری دارد (شکل ۲). حداقل مقدار میانگین نرخ فرونشست در استان، مربوط به ماه آذر با میزان ترسیب، ۹/۹۷ گرم بر متر مربع و حداکثر آن در ماه خرداد با میانگین ۲۰/۹٦ مشاهده می‌شود. بر اساس این شکل، ماههای آذر و دی کمترین مقدار فرونشست و همچنین کمترین دامنه تغییرات را داشتند که به تدریج افزایش پیدا می‌کند و در خرداد ماه و تیر ماه به حداکثر خود می‌رسد (شکل ۳). دامنه تغییرات نرخ فرونشست در ماه‌های گرم بیشتر است که به خوبی در شکل ۲ قابل مشاهده است. به عنوان مثال، دامنه تغییرات نرخ فرونشست در خرداد ٤٦/. تا ۱۵۰/٤ گرم در متر مربع است؛ در حالی که در آذر ۱/۱۰ تا ۲۵/۳۲ گرم در متر مربع است. این تفاوت در دامنه تغییرات به دلیل نوسانات بیشتر حرکات توده‌های اتمسفری در فصول گرم و رخدادهای بیشتر طوفان گردوغبار در ماه‌های گرم است. این تغییرات با افزایش سرعت باد و کم شدن بارندگی در فصل بهار و تابستان و در نتیجه افزایش تعداد رخدادهای گرد و غبار هماهنگ است. در دی ماه حداکثر سرعت باد به ۱۲/۱٤ متر در ساعت است که در خرداد به ۱۹/۵ متر در ثانیه می‌رسد. همچنین، تعداد روزهای دارای رخداد گرد و غبار در شهرستان‌های مختلف استان، در ماه‌های اسفند تا مهر است و در ماه‌های آبان تا اسفند (بجز دی ماه در سرخس)

رخداد گرد و غبار ثبت نشـده اسـت (جدول ۱). مشـاهدات تصـاویر ماهواره‌ای نیز وجود طوفان‌های گردوغبار در ماه‌های گرم را تأیید می‌کند که به‌عنون نمونه دو مورد از آن‌ها که در خرداد ماه رخ داده‌اند با استفاده از تصاویر مودیس و ماهواره هواشناسی در شکل ٤ نشان داده شده است.



شکل۳- نمودار جعبه‌ای تغییرات فرونشست گرد و غبار در طول دوره نمونه برداری

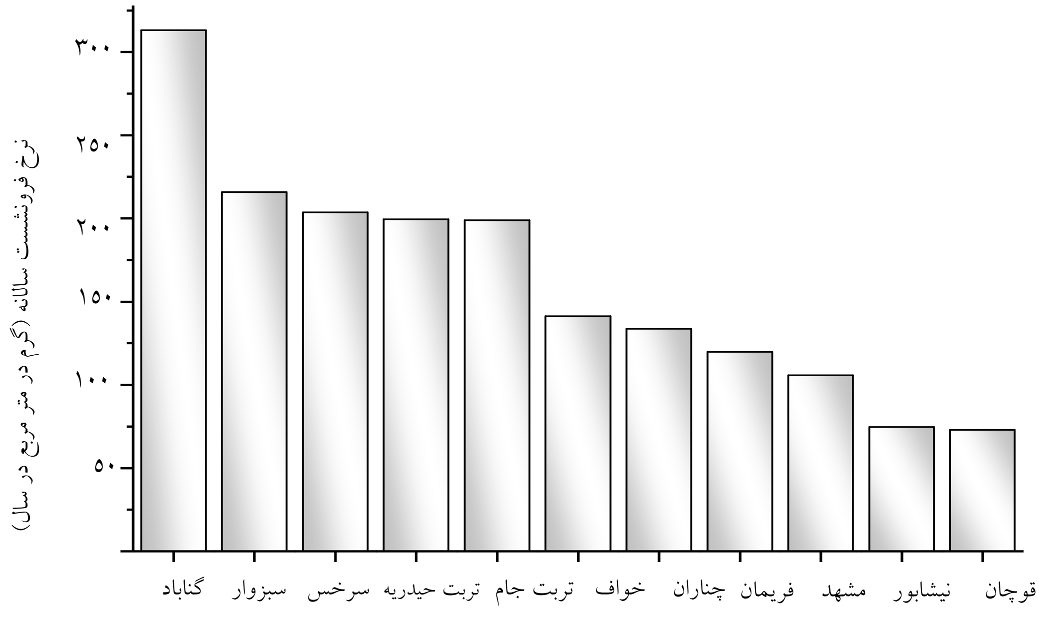


شکل ٤- الف) تصویر Modis طوفان گردوغبار در استان ماه خرداد (http: //lance-modis.eosdis.nasa.gov)
و ب)تصویرماهواره هواشناسی طوفان گرد و غبار در استان ماه خرداد ۱۳۹۳

Ta et al (2004) نشان دادند که نرخ ترسیب ذرات معلق اتمسفری در استان گانسو چین با افزایش وقوع طوفان افزایش می‌یابد.

Reheis et al (2012) در مطالعه‌ای در جنوب غربی آمریکا بر روی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری نتیجه‌گیری کردند که نرخ فرونشست ذرات معلق با شدت گرفتن طوفان‌های تابستانی افزایش می‌یابد. نوروزی و خادمی (۱۳۹٤) با بررسی نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری طی ۱۲ ماه در شهر اصفهان نشان دادند که بیشترین و کمترین نرخ فرونشست به‌ترتیب به ماه‌های تیر با میانگین ۸/۰۵ گرم بر متر مربع در ماه و آذر با میانگین متوسط ۲/۱۳ اختصاص دارد. همچنین نشان دادند مشابه با این مطالعه، میزان فرونشست ذرات در بهار و تابستان دارای بالاترین میزان است که رو به فصول پاییز و زمستان این مقدار کاهش می‌یابد. جعفری (۱۳۹۲) با بررسی روند نرخ فرونشست ذرات معلق در شهر کرمان طی ماه‌های نمونه‌برداری از اردیبهشت تا آبان سال ۱۳۹۱ نشان داد که بیشترین و کمترین میزان متوسط نرخ فرونشست ذرات معلق به‌ترتیب مربوط به ماه اردیبهشت و آبان به ترتیب با میزان ۱۷/٤ و ۵ گرم بر مترمربع در ماه بود و روند کاهشی در نرخ فرونشست ذرات معلق از ابتدا تا انتهای دوره نمونه برداری وجود داشته است. Hojati et al (2012) با بررسی نرخ ترسیب ذرات معلق در طول برش مورد مطالعه در استان اصفهان، افزایش نرخ فرونشست در طول ماه جولای نسبت به ماه سپتامبر ۲۰۰۹ را به رخداد طوفان‌ها و تأثیری که فصول خشک در افزایش میزان تولید ذرات معلق دارد، نسبت دادند. همچنین بیت لفته و همکاران (۱۳۹٤) به این نتیجه دست یافتند که میانگین نرخ ترسیب ذرات معلق در در دوره‌های با وقوع طوفان (۱۲/۵ گرم بر متر مربع در ماه) خیلی بیشتر از دوره‌های بدون وقوع طوفان (۷/۵ گرم بر مترمربع در ماه) است.

متوسط نرخ فرونشست گرد و غبار در شهرهای استان در شکل ۵ نشان می‌دهد که گناباد و قوچان، به‌ترتیب، با متوسط ۳۱۳/۱٤ و ۷٤/٦۲ متر مربع بر گرم در سال، بیشترین و کمترین میزان فرونشست را در سال داشتند.



شکل ۵- میزان نرخ فرونشست سالانه گرد و غبار در شهرستان‌های استان در مدت نمونه‌برداری

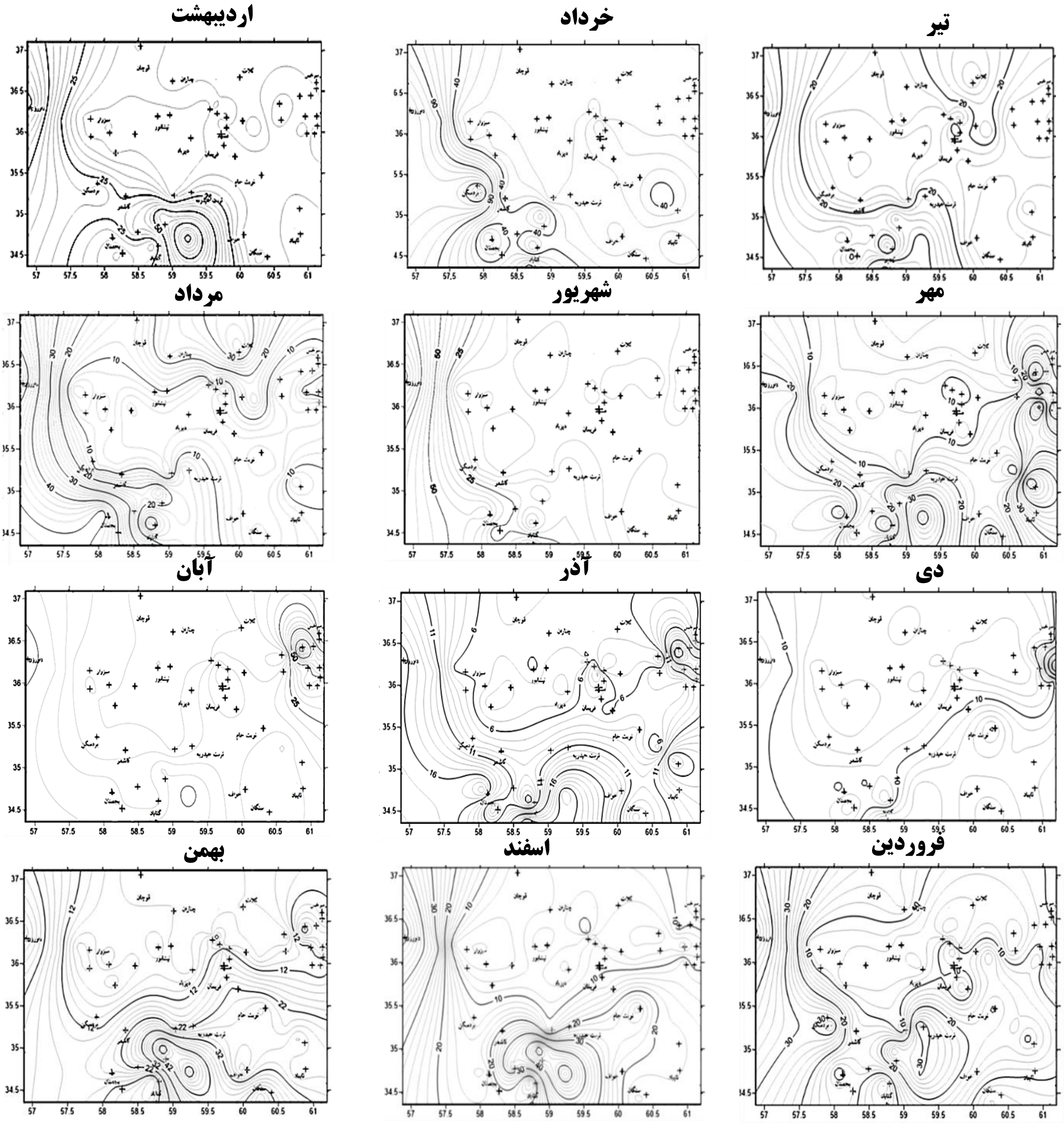
Prospero (2002) منـاطق خشـــک با ســـطح هموار را به عنوان مناطقی با قابلیت تولید غبار زیاد معرفی کردند. شـــهرســـتان گناباد در جنوب، تربت جام و ســرخس در شــرق و ســبزوار در غرب اســتان که دارای بیشــترین مقدار فرونشـــست ســالیانه هســتند در حاشــیه پلایاها قرار گرفته‌اند. این شــهرها دارای بیشترین تعداد رخدادهای گرد و غبار هســـتند؛ به‌نحوی که در ســـرخس به ۵۰ روز در دوره مورد مطالعه رســـید (جدول ۱). این مناطق دارای ســـطحی با توپوگرافی هموار، ارتفاع کم و پوشــش گیاهی تنک می‌باشــند که در حاشــیه پلایاها قرار گرفته‌اند. در این شــهرســتان‌ها تعداد روزهای با رخداد گردوغبار نیز بیشــتر می‌باشد. Ta et al (2004) در گانسوی چین، طی ۱۵ سال بررسی، متوسط میزان ذرات معلق را ۳۰۸/٦۱ گرم بر مترمربع در ســـال گزارش کردند. همچنین O'hara et al (2006) در لیبی در طی یک‌سال بررسی، میزان فرونشست گرد و غبار را ۲۷٦ گرم بر متر مربع در سال گزارش داده‌اند.

۳-۲- پراکنش مکانی و زمانی فرونشت گرد و غبار

نقشـــه‌های پراکنش مکانی و زمانی اطلاعات قابل تفســیرتری نسبت به آمار توصیفی برای دریافت چگونگی و دلیل روند تغییرات ارائه می‌دهند. برای این منظور توزیع مکانی و زمانی نرخ فرونشـــست غبار در استان خراسان رضوی، به صورت نقشه‌های هم‌غبار ماهانه در شکل ٦ نشان داده شده است.

بر اســاس این شــکل‌ها، در اردیبهشــت که اولین زمان نمونه‌برداری در مطالعه بود، بیشــترین مقدار گرد و غبار در غرب و جنوب منطقه اســت که در خرداد مقدار و مســاحت تحت تأثیر آن افزایش پیدا کرده است. در تیر مجدداً مقدار غبــار در این منــاطق کــاهش پیدا می‌کند و در مرداد و شـــهریور تغییر قابل توجهی ندارد. نکته جالب توجه این که در ماه‌های مهر و آبان حداکثر فرونشـــست به ســمت شــرق منطقه به ویژه در محدوده سرخس منتقل می‌شود در ماه‌های آذر و دی، به‌دلیل کم شــدن ســرعت باد و افزایش رطوبت سطح خاک به دلیل بیشتر شدن بارندگی، مقدار فرونشست در کل اســتان هم کمتر و هم یکنواخت‌تر می‌شــود و حداکثر فرونشــست در منطقه سرخس باقی می‌ماند. یکنواخت‌تر شــدن و کمتر شــدن فرونشـــست در کل اســتان در ماه‌های آذر و دی، با توجه به دامنه کم تغییرات از نمودار جعبه‌ای شکل ۲ نیز قابل دریافت است.

در بهمن، مقدار فرونشـــست مجدداً در شــرق و جنوب افزایش پیدا می‌کند که در اســفند و فروردین به خوبی این تغییرات مشــهود اســت. در تمام ماه‌ها نرخ فرونشـــست در قسمت‌های شمالی استان به دلیل رطوبت بیشتر، بارندگی بیشتر و کوهستانی بودن منطقه کمتر است.



شکل٦- نقشه‌های هم‌غبار ماهانه استان خراسان رضوی در طول دوره نمونه برداری

بر اســاس نقشــه‌های پراکنش مکانی، بیشترین مقدار فرونشست در ماه‌های گرم در غرب و جنوب اتفاق می‌افتد که هم منابع گرد و غبار موجود اســت و هم از نظر شــریط اقلیمی (سرعت باد و کم بود بارندگی) مناسب برداشت ذرات اســت. در این مناطق روزهای با رخداد گردوغبار عمدتاً در ماه‌های فصــل بهار اســت. همچنین در شــهرهای نزدیک پلایاها تعداد ماه‌های با رخداد گرد و غبار بیشــتر اســت (جدول ۱). نکته جالب توجه این اســت که حداکثر فرونشست

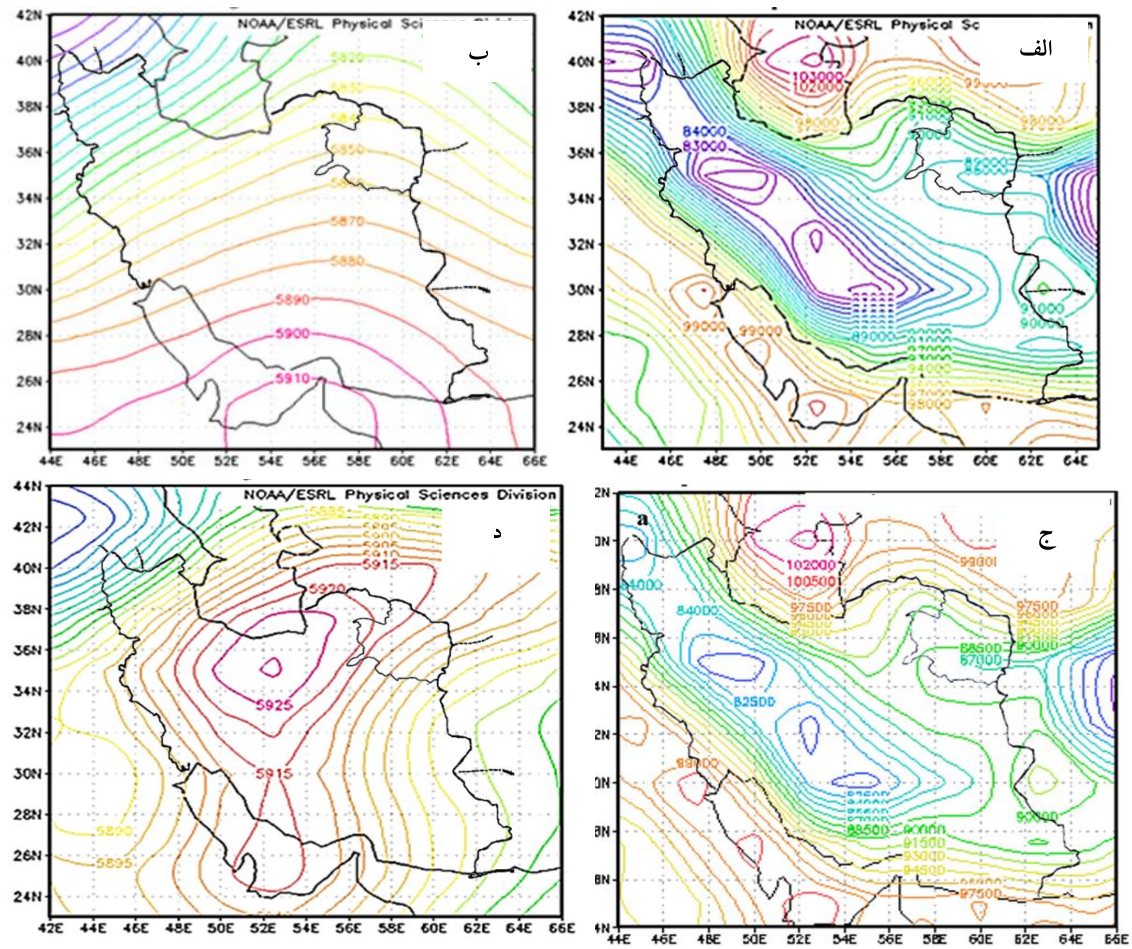
در منطقه سرخس در ماه‌های آذر و دی است. دلیل آن می‌تواند سرعت زیاد باد در منطقه سرخس در ماه‌های گرم باشد که باعث می‌شود این منطقه بیشتر به عنوان منطقه برداشت باشد و در فصول سرد با کاهش سرعت باد، فرونشست بیشتر می‌شود. سرخس تنها منطقه‌ای است که در آن در دی ماه رخداد گردوغبار ثبت شده است.

یکی از پدیده‌های اقلیمی مهم در ایران، بادهای شدید و همراه با گسترش ذرات معلق در شرق ایران می‌باشند. باد ۱۲۰ روزه یا بادهای لوار که جریان‌های موسمی باعث ایجاد این بادها می‌شوند یکی از مهم‌ترین نمودهای آب و هوای شرق ایران، در مقیاس منطقه‌ای در فصل گرم سال می‌باشد. این جریانات از اواسط اردیبهشت شروع به وزیدن می‌کنند و تا شهریور جریان دارند و شرایط جوی نامساعدی را در منطقه ایجاد می‌کنند. کانون‌های عمده فشاری که بادهای ۱۲۰ روزه را موجب می‌شوند در شمال دریای خزر و جنوب ایران قرار دارند و طبق نظر محققان از دشت‌های ترکمنستان منشأ گرفته و بین رشته کوه‌های البرز و هندوکش جریان دارند اثرات قابل توجهی بر روی لنداسکیپ منطقه دارند (Zawar-Reza et al., 2006; Rashki et al., 2012). این جریان‌ها سبب می‌شوند ذرات معلق تا فواصل دورتری حمل شوند و ذرات از نیمه شرقی‌تر به مناطق جنوبی و غربی‌تر حمل می‌شوند که با پایان یافتن این جریان‌ها شاهد افزایش نرخ فرونشست در مناطق شرقی، به‌ویژه سرخس، می‌باشیم. همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، شروع دوره سرد سال، گسترش بادهای غربی به عرض‌های پایین‌تر را به دنبال داشته و شرایط جوی سطح زمین نیز در کنترل این جریانات قرار دارد. بادهای غالب غربی اگرچه سرعت بالایی دارند ولی به دلیل منبع تولیدشان حامل ذرات معلق نیستند و از آنجایی‌که در فصول سرد سال می‌وزند، عمدتاً منجر به بارش و افزایش رطوبت نسبی می‌شوند و در نهایت کاهش نرخ فرونشست ذرات معلق اتمسفری را موجب می‌گردند.

بررسی تغییرات مکانی و زمانی ذرات معلق در شهرستان‌های کرمانشاه توسط احمدی دوآبی و همکاران (۱۳۹۲) متوسط نرخ فرونشست را در بهار و تابستان به‌ترتیب ۱۹/۲ و ۳/۳ نشان داد. در یزد، Nadafi et al (2006) بالاترین نرخ فرونشست ذرات معلق را در تابستان و کمترین میزان آن را در فصل پاییز گزارش شد (Groll et al., 2013). نیز با بررسی توزیع مکانی و زمانی ترسیب فرونشست اتمسفری در آسیای مرکزی بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ بیشترین مقدار ترسیب ذرات معلق را در ماه‌های مربوط به فصول بهار و تابستان نشان دادند.

همچنین Al-Harbi et al(2015) در مطالعه‌ای روی نرخ فرونشست ذرات معلق در شهر شوویخ کویت گزارش کردند که بالاترین نرخ فرونشست به ماه‌های ژوئن و آگوست به‌ترتیب با دامنه ۷٦/٤ و ۲/۵±۹۷/۲٦ گرم بر متر مربع در ماه، اختصاص داشته در حالی‌که کمترین نرخ فرونشست با۱/۲±۱٤ تا ۱/٤±۱۹گرم بر مترمربع در ماه به ماه‌های اکتبر و نوامبر مربوط بوده و ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با دامنه نرخ فرونشست ذرات معلق به میزان ۱/۳±۲۵/۵ تا ۱/۵±۳۰/۵ گرم بر مترمربع در ماه نیز به عنوان ماه‌های دارای حد متوسط میزان فرونشست ذرات معلق در این منطقه گزارش شدند.

نقشه‌های نمایش داده شده در شکل ۷، الف و ج بیانگر فشار تراز دریا در روزهای اوج پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. استقرار الگوی کم فشار در مرز شرقی کشور و جنوب شرقی کشور و جنوب شرق استان خراسان رضوی و استقرار الگوی پر فشار در محدوده شمال دریای خزر، سبب ایجاد گرادیان شدید و در نهایت منجر به ناپایداری‌های شدید و قابل ملاحظه‌ای می‌گردد که شرایط را برای برداشت و انتقال ذرات غبارهای ناشی از مناطق احتمالی منشأ (پلایا) را فراهم می‌کند و مناطق شمال شرق و شرق کشور را از جمله استان خراسان تحت تأثیر می‌دهد. شکل۷، ب و د نقشه‌های سینوپتیک اقلیمی در تراز میانی جو می‌باشند که حاکی از استقرار سامانه پر ارتفاع بر روی ایران که از نواحی شمالی ایران و دریای خزر و کشور ترکمنستان تا نواحی جنوبی گسترده و استان خراسان رضوی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۷- نقشه سینوپتیک اقلیمی طوفان ۷ خرداد ۱۳۹۳، الف) سطح دریا، ب) ۵۰۰ هکتو پاسکال، د) نقشه سینوپتیک اقلیمی طوفان ۱۴ خرداد ۱۳۹۳، ج)سطح دریا و د) ۵۰۰ هکتو پاسکال (http: //www.esrl.noaa.gov)

لشـکری و کیخسـروی (۱۳۸۷) با تحلیل آماری سـینوپتیکی طوفان های گرد و غبار اسـتان خراسـان رضـوی در فاصـله زمانی (۲۰۰۵- ۱۹۹۳) به این نتیجه دسـت یافتند که در دوره گرم سـال، زمانی که مرکز کم‌فشاری در محدوده جنوب خراسـان و کشـور افغانسـتان بسـته می‌شود و هم‌زمان زبانه‌ای از پرفشار آزرو نیز بر روی دریای سیاه و سپس دریای خزر گسـترش یابد و تا سـاحل جنوبی دریای خزر پیشـروی نماید، سـبب افزایش شیب فشار نصف‌النهاری بر روی منطقه خواهد شـد. شـیب فشـار حاصل از استقرار همزمان مرکز چرخندی در منطقه افغانستان – جنوب خراسان و مرکز واچرخندی بر روی دریای خزر و ترکمنسـتان سـبب وزش بادهای شـدید و ایجاد طوفان‌های ذرات معلق بر روی منطقه می‌شود.

۳-۳- ارتباط نرخ فرونشست گرد و غبار با پارامترهای اقلیمی

نتایج ارائه شـده در شـکل ۸ نشـان می‌دهد که بین متوسـط فرونشـسـت گرد و غبار ۱۲ دوره نمونه‌برداری رابطه مثبـت و معنی‌داری با حداقل و حداکثر دما، سـرعت باد و رابطه منفی با رطوبت نسـبی در سـطح ۵٪ وجود دارد. Nadafi et al (2006) با مطالعه نرخ فرونشـسـت ذرات معلق در شـهر یزد طی دوره ٤ ماهه به این نتیجه رسـیدند که بین نرخ فرونشـسـت ذرات و میزان بارندگی همبسـتگی معنی داری وجود دارد و با کاهش بارندگی، نرخ فرونشست افزایش می‌یابد. Ta et al (2002) نیز نتیجه گرفتند که رابطه معکوسـی میان بارندگی و نرخ فرونشـسـت ذرات معلق وجود دارد و در یـک سـرعت مشـخص باد با افزایش بارندگی میزان ذرات معلق کاهش چشـمگیری پیدا می‌کند. نوروزی و خادمی، (۱۳۹٤) همبسـتگی‌های مثبت و معنی‌دار بین نرخ فرونشـست ذرات معلق را با میزان دمای حداقل و حداکثر در تمام ماه‌های سـال و با سرعت حداکثر و متوسط باد در ماه‌های خشک سال و همبستگی منفی و معنی‌دار این پارامتر با میزان بارش و رطوبت نسبی را در شهر اصفهان نشان دادند.

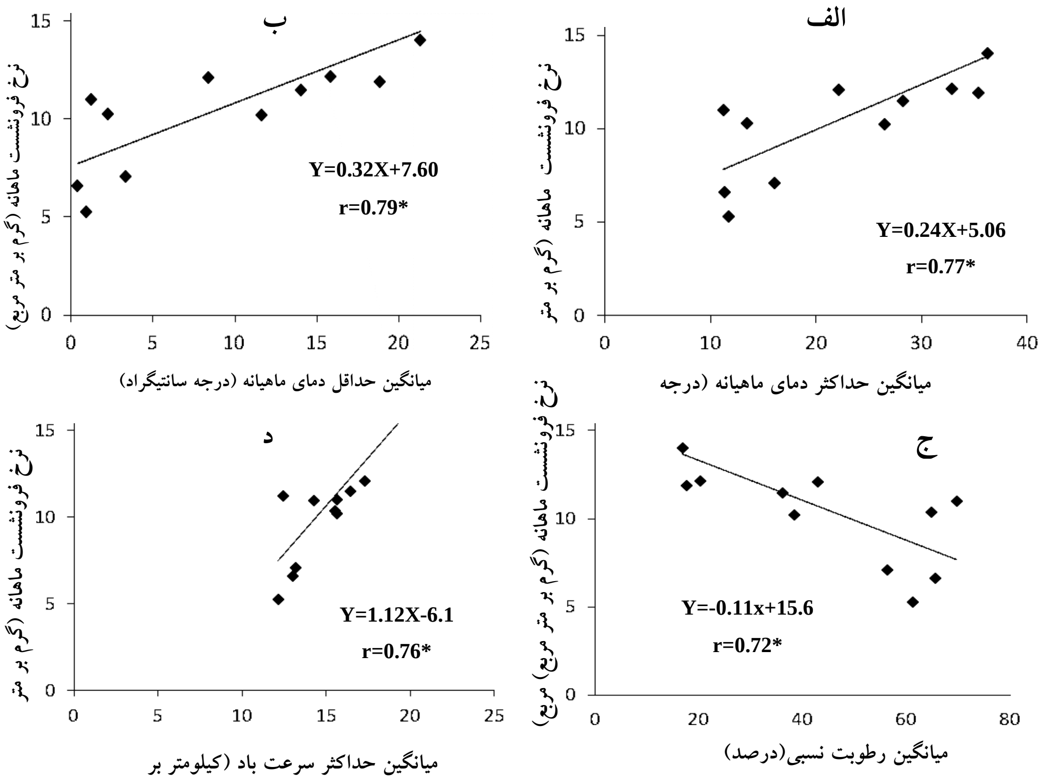
٤- جمع‌بندی نتیجه‌گیری

مشـاهدات نرخ ترسـیب غبار در اسـتان خراسـان رضـوی مطابق با نتایج مناطق مشـابه می‌باشـد. بررسـی نرخ فرونشـسـت گرد و غبار طی ۱۲ ماه نمونه‌برداری، نشـان داد که بیشـترین و کمترین نرخ فرونشـسـت گرد و غبار به ترتیب به ماه‌های خرداد و آذر اختصـاص دارد. همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین نرخ فرونشست گردو غبار با میزان دمای حداقل، حداکثر و حداکثر سـرعت باد در تمام ماه‌های سـال و همبسـتگی منفی و معنی‌دار این پارامتر با میزان رطوبت نسـبی در سـطح ۵ درصـد مشـاهده شـد. به نظر می‌رسد افزایش نرخ ترسیب غبار در استان، ناشی از افزایش دما، کاهش بارندگی، کاهش رطوبت نسـبی و افزایش سرعت باد باشد که با نتایج مطالعات نوروزی و خادمی (۱۳۹٤) در اصـفهان، Al-Harbi et al (2015) در کویت و Kaskaoutis et al (2016) مطابقت دارد. بررسی توزیع مکانی این پدیده نشـان داد که مقدار فرونشـسـت گرد و غبار در مناطق جنوبی و غربی اسـتان، که در اقلیم خشـک و فرا خشک

قرار گرفته‌اند، به خصـــوص در ماه‌هایی که بادهای ۱۲۰ روزه و طوفان گرد و غبار در اســـتان جریان داشـــته، بیشـــترین مقدار بوده اســـت که با نتایج Hojati et al (2012)، Reheis & Urban (2011) و بیت لفته (۱۳۹٤) همخوانی دارد. همچنین با تغییر جهت باد غالب از شـرق و شمال‌شرق در ماه‌های خشک سال، به غرب و جنوب غرب در ماه‌های با بارش بیشـــتر، نرخ فرونشـــســـت ذرات معلق در اکثر مناطق به جز مناطق شـــرقی اســـتان کاهش یافت. که با توجه به بررسـی رژیم بادی ماهانه این مناطق، باد غالب از شـمال‌غربی منطقه یعنی ترکمنسـتان، احتمالاً میزان فرونشست نشأت گرفته از پلایای قره‌قوم ترکمنستان می‌باشد.

از عوامل بسـیار مهم تعیین‌کننده فرسـایش و هدررفت خاک، عوامل مربوط به رطوبت و پوشـش گیاهی در سطح خاک می‌باشـند. رطوبت و پوشـش گیاهی از ابعاد مختلف می‌توانند باعث کاهش فرسـایش خاک شـوند. نتایج بیانگر این موضـوع اسـت که پارامترهای اقلیمی شـامل رطوبت نسـبی پایین و حضور بادهای شدید موسمی باعث فرسایش بادی خاک در مناطق وسـیعی از اسـتان خراسـان رضـوی و مناطق مجاور شده است. لازم به ذکر است که افزایش دما باعث کاهش رطوبت نسـبی و در نتیجه رطوبت خاک می‌شـود و این مسـئله خود در کاهش سـرعت آستانه فرسایش بادی و افزایش توان حمل خاک اثر دارد (رحیمی، ۱۳۹٤).

با توجه به این که دما و بارندگی نوع اقلیم منطقه را تعیین می‌کنند و اقلیم تعیین کننده نوع خاک و پوشـــش گیاهی اســت، بارندگی و دما به طور غیرمســتقیم از طریق تأثیر بر پوشش گیاهی می‌توانند در تولید و میزان ترسیب غبار مؤثر باشــند (مخدوم، ۱۳۸۵). البته از عوامل اصــلی این تغییرات مکانی می‌توان به فاصــله از منبع برداشــت غبار (پلایا) نیز اشـاره نمود. نتایج حاصـل از تحلیل نقشـه‌های سـینوپتیک اقلیمی مربوط به روزهای طوفانی در نقشه فشار تراز دریا، تشـکیل مرکز کم فشـاری بر روی افغانستان و پاکستان و پرفشار بر روی دریای خزر را که باعث افزایش گرادیان فشار بین نواحی شـمالی و جنوب شـرق کشـور می‌شـود را نشان داد. این شرایط موجب ایجاد شیب فشاری بین سیستم پر فشـار مذکور، سـبب تشـدید سـرعت باد در منطقه مورد مطالعه گردیده است. که با توجه به موقعیت جغرافیایی استان (مرز مشـترک با کشـورهای ترکمنسـتان و افغانسـتان) و جهت باد می‌توان به نقش این مناطق نیز در منشأ طوفان استان نیز اشاره نمود. هر چند تعیین دقیق منشأ غبار در استان نیازمند مطالعات آزمایشگاهی دقیق است.



شکل ۸- همبستگی میانگین نرخ فرونشست گرد و غبار با الف) میانگین حداکثر دمای ماهانه، ب) میانگین حداقل دمای ماهانه، ج) میانگین رطوبت نسبی و د) میانگین حداکثر سرعت باد در استان

کتابنامه

احمدی دوآبی، شهاب؛ افیونی، مجید؛ کرمی، مهین؛ خادمی، حسین؛ ۱۳۹۲. نرخ فرونشست گردوغبار اتمسفری در استان کرمانشاه در بهار و تابستان. سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد.

بروغنی، مهدی؛ مرادی، حمیدرضا؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ ۱۳۹٤. تحلیل وقوع گرد و غبار و پهنه بندی آن در استان خراسان رضوی مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی. شماره ۲۰،۵۷-٤۵.

بیت لفته، رضا؛ لندی، احمد؛ حجتی، سعید؛ صیاد، غلامعلی؛ ۱۳۹٤. نرخ ترسیب، کانی‌شناسی و الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار در اطراف تالاب هورالعظیم در استان خوزستان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۲۹، ۷۰۷-٦۹۵.

جعفری، فریبا؛ ۱۳۹۲. نرخ فرونشست و برخی خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی گردوغبار اتمسفری در شهر کرمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. حسین خادمی. خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

دوستان، رضا؛ ۱۳۹۲. شناسایی کانون‌های فشار مؤثر در وقوع باد ۱۲۰ روزه سیستان و بلوچستان. نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران. کرمان.

رحیمی، محمد؛ یزدانی، محمدرضا؛ اسدی، مسلم؛ حیدری، محمدطالب؛ ۱۳۹٤. بررسی آلودگی هوای شهر سنندج با تاکید بر تغییرات زمانی غلظت PM_{10}. دو فصلنامه پژوهش‌های بوم شناسی شهری. شماره ۱۱، ۱۱٦-۹۹.

سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی؛ ۱۳۸۹و ۱۳۹٤.

لشکری، حسن؛ کیخسروی، قاسم؛ ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۲۰۰۵ ۱۹۹۳) . فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ٦٥، ۳۳-۱۷.

محمدیاریان، محترم؛ ۱۳۹۰. پهنه‌بندی مخاطرات جوی در شمال شرق ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: عباس مفیدی. آب و هواشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

محمودی، زهره؛ ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی گردوغبار اتمسفری اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: حسین خادمی. خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مخدوم، مجید؛ ۱۳۸۵. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران.

ممرآبادی، پروین؛ ۱۳۹۵. تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های گردوغبار در شرق خراسان و اثرات تغییرات کاربری اراضی بر آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: علی‌رضا راشکی. مدیریت مناطق بیابانی. دانشگاه فردوسی مشهد.

نوروزی، سمیرا؛ خادمی، حسین؛ ۱۳۹٤. تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرونشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. شماره ۷۲، ۱٦۱-۱٤۹.

AL-Harbi, M., 2015. Characteristics and composition of the falling dust in urban environment. Int. J. Environ. Sci.Technol. 12: 641-652.

Conference on Dust, 2-4 March 2016, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.

Engelstaedler, S., Tegen, I., and Washington, R., 2006. North African dust emissions and transport. Earth Sci. Rev. 79:73-100.

Goudie, A.S., and Middleton .N.J., 2006. Desert Dust in the Global System. Springer Verlag. Berlin, Germany.

Groll, M., Opp, C., and Aslanov, I., 2013. Spatial and temporal distribution of the dust deposition in Central Asia results from a long-term monitoring program. Aeolian Res. 9: 49-62.

Hamidi, M., Kavianpour, M.R., Shao, Y., 2013. Synoptic analysis of dust storms in the Middle East. Asia-Pac. J. Atmospheric. Sci. 49:279-286.

Hojati, S., Khademi, H., Faz Cano A., and Landi, A., 2012. Characteristics of dust deposited along a transect between central Iran and the Zagros Mountains. Catena. 88: 27-36. http: //lance-modis.eosdis.nasa.gov.

Kaskaoutis, D.G., Rashki, A., Houssos, E.E., Bartzokas, A., Francois, P., Legrand, M., and Kambezidis, H.D., 2016. The Caspian Sea–Hindu Kush Index (CasHKI): definition, meteorological influences and Dust activities over southwest Asia. The First of International

Marx, S.A., McGowan, H.A., 2005. Dust transportation and deposition in a superhumid environment, West Coast, South Island, New Zealand. Catena. 59: 147-171.

McTainsh, G.H. 1999. Dust transport and deposition. PP. 181-211. In: Goudie, A., S. Livingstone and I. Stokes(Eds.), Aeolian Environments, Sediments and Landforms. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester.

Menendez, I., Diaz-Hernandez, J. L., Mangas, J., Alonso, I., and Sanchez-Soto, P.J., 2007., Airborne dust accumulation and soil development in the North-East sector of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). J. Arid. Environ. 71: 57-81.

Naddafi, N., Nabizadeh, R., Soltanianzadeh, Z. and Ehrampoosh. M.H., 2006. Evaluation of dust fall in the air of Yazd. Journal of Environmental Health Science Engineering. 3: 161-168.

National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory (http://www.esrl.noaa.gov).

OHara, S.L., Clarke, M.L., and Elatrash, M.S., 2006. Field measurements of desert dust deposition in Libya. Atmos. Environ. 40: 3881-3897.

Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., and Gill, T.E., 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product. Rev. Geophys. 40: 2-31.

Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., deW. Rautenbach, C.J., Eriksson, P.G., Qiang, M., and Gupta, P., 2012. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. Aeolian Res. 5: 51-62.

Reheis, M.C., and Urban, F.E., 2011. Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S. Aeolian Res. 3: 3-21.

Rezazadeh, M., Irannejad, P., Shao, Y., 2013. Climatology of the Middle East dust events. Aeolian Res. 10:103-109.

Ta, W., Qu, H., Xiao, J., Xiao, Z., Yang, G., Wang, T., and Zhang, X., 2004. Measurements of dust eposition in Gansu Province, China, 1986–2000. Geomorphology. 57:41-51.

Tegen, I., Werner, M., Harrison, S.P., and Kohfeld, K.E. 2004., Relative importance of climate and land use in determining present and future global soil dust emission. Geophysical Research Letters. 31 (5): 1-4.

Wang, R., Zou, X., Cheng, H., Wu, X., Zhang, C., and Kang, L., 2015. Spatial distribution and source apportionment of atmospheric dust fall at Beijing during spring of 2008-2009. Environ. Sci. Pollut. Res. 22: 3547-3557.

Wang, S., Yuan, W., and Shang, K., 2006. The impacts of different kinds of dust events on PM10 pollution in northern China. Atmos. Environ. 40: 7975-7982.

Wiggs, G.F.S., O'hara, S.L., Wegerdt, J., Van Der Meer, J. and Small. I., 2003. The dynamics and characteristics of aeolian dust in dryland Central Asia: Possible impacts on human exposure and respiratory health in the Aral Sea basin. Geographical Journal. 169(2): 142–157.

Xuan, J., Sokolik, I.N., Hao, J., Guo, F., Mao, H., and Yang, G., 2004. Identification and characterization of sources of atmospheric mineral dust in East Asia. Atmos. Environ. 38: 6239-625.

Zawar-Reza, P., Kingham, S., Pearce, J., 2006. Evaluation of a year-long dispersion modelling of PM10 using the mesoscale model TAPM for Christchurch, New Zealand. Sci. Total Environ. 349: 249–59.